

Índice

Apartado 1

ELABORACIÓN MATEMÁTICA DE LOS RESULTADOS DE LA MEDICIÓN.

FUNDAMENTOS DE LA INFORMÁTICA Y LA CIBERNÉTICA 14

Capítulo uno

Introducción a la metrología 15

- § 1.1. Problemas y conceptos fundamentales de la metrología 15
- § 1.2. Servicio metrológico 17
- § 1.3. Metrología en la medicina. Particularidades específicas de las mediciones médico-biológicas 18
- § 1.4. Mediciones físicas en la biología y en la medicina 20

Capítulo dos

Teoría de las probabilidades y la estadística matemática 22

- § 2.1. Acontecimiento casual. Probabilidad 22
- § 2.2. Variable aleatoria. Ley de distribución. Características numéricas 28
- § 2.3. Ley de distribución normal 33
- § 2.4. Distribución de Maxwell y de Boltzmann 36
- § 2.5. Conceptos fundamentales de la estadística matemática 40
- § 2.6. Estimación de los parámetros del conjunto general por su muestra 45
- § 2.7. Estimación de intervalo 47
- § 2.8. Estimación de intervalo para una muestra pequeña. Distribución de Student 49
- § 2.9. Dependencia correlativa. Ecuaciones de la regresión 50

Capítulo tres

Ordenadores. Fundamentos de la informática 52

- § 3.1. Ordenadores digitales 52
- § 3.2. Esquema estructural del ordenador digital (electrónico), dispositivos fundamentales y sus destinos 59
- § 3.3. Componentes de programación para los ordenadores digitales 65
- § 3.4. Sistemas de control matemático 67
- § 3.5. Microprocesadores 69
- § 3.6. Generaciones de ordenadores digitales electrónicos. Serie única de ordenadores digitales electrónicos 71
- § 3.7. Calculadores analógicos electrónicos 75

Capítulo cuatro

Fundamentos de la cibernética 81

- § 4.1. La cibernética y otras ciencias 81
- § 4.2. Sistemas cibernéticos 82
- § 4.3. Elementos de la teoría de información 85

§ 4.4.	Control y regulación	90
§ 4.5.	Simulación	94
§ 4.6.	Concepto sobre la cibernética biológica y médica	98

Apartado 2

MECÁNICA. ACÚSTICA 104

Capítulo cinco

Mecánica del movimiento de rotación 105

§ 5.1.	Cinemática del movimiento de rotación del cuerpo absolutamente rígido alrededor de un eje fijo	105
§ 5.2.	Conceptos fundamentales. Ecuación de la dinámica del movimiento de rotación	107
§ 5.3.	Ley de conservación del momento de impulso	113
§ 5.4.	Noción sobre los ejes de rotación libres	116
§ 5.5.	Noción sobre los grados de libertad	117
§ 5.6.	Centrifugación	119

Capítulo seis

Algunos problemas de biomecánica 122

§ 6.1.	Articulaciones y palancas en el aparato locomotor del hombre	122
§ 6.2.	Trabajo mecánico del hombre. Ergometría	124
§ 6.3.	Sobrecarga e imponderabilidad	126
§ 6.4.	Aparato vestibular como sistema inercial de orientación	130

Capítulo siete

Oscilaciones mecánicas y ondas 133

§ 7.1.	Oscilaciones armónicas	133
§ 7.2.	Energías cinéticas y potencial del movimiento oscilatorio	136
§ 7.3.	Composición de las oscilaciones armónicas	137
§ 7.4.	Oscilación compleja. Espectro armónico de la oscilación compleja	142
§ 7.5.	Oscilaciones amortiguadas	143
§ 7.6.	Oscilaciones forzadas. Resonancia	145
§ 7.7.	Autooscilaciones	147
§ 7.8.	Ecuaciones de ondas mecánicas	148
§ 7.9.	Flujo de energía de las ondas. Vector de Úmov	151
§ 7.10.	Ondas de choque	152
§ 7.11.	Efecto Doppler	153

Capítulo ocho

Acústica 156

§ 8.1.	Naturaleza del sonido. Características físicas	156
§ 8.2.	Características de la sensación auditiva. Mediciones del sonido	159
§ 8.3.	Fundamentos físicos de los métodos acústicos de investigación en la clínica	162
§ 8.4.	Impedancia de onda. Reflexión de las ondas acústicas (sonoras). Reverberación	164
§ 8.5.	Física de audición	166
§ 8.6.	Ultrasonido y sus aplicaciones en medicina	172
§ 8.7.	Infrasonido	176
§ 8.8.	Vibraciones	176

Capítulo nueve

Flujo y propiedades de los líquidos

178

- | | |
|---|-----|
| § 9.1. Viscosidad del líquido. Ecuación de Newton. Fluidos newtonianos y no newtonianos | 178 |
| § 9.2. Flujo de un líquido viscoso por los tubos. Fórmula de Poiseuille | 179 |
| § 9.3. Movimiento de los cuerpos en un líquido viscoso. Ley de Stokes | 183 |
| § 9.4. Métodos de determinación de la viscosidad del líquido. Método clínico de determinación de la viscosidad de la sangre | 184 |
| § 9.5. Corrientes laminar y turbulenta. Número de Reynolds | 187 |
| § 9.6. Particularidades de la estructura molecular de los líquidos | 188 |
| § 9.7. Tensión superficial | 190 |
| § 9.8. Humectación y no humectación. Fenómenos capilares | 191 |

Capítulo diez

Propiedades mecánicas de los sólidos y de los tejidos biológicos

195

- | | |
|---|-----|
| § 10.1. Cuerpos cristalinos y amorfos. Polímeros | 195 |
| § 10.2. Cristales líquidos | 201 |
| § 10.3. Propiedades mecánicas de los sólidos | 202 |
| § 10.4. Propiedades mecánicas de los tejidos biológicos | 209 |

Capítulo once

Problemas físicos de hemodinámica

216

- | | |
|--|-----|
| § 11.1. Modelos de circulación de la sangre | 216 |
| § 11.2. Onda pulsátil | 220 |
| § 11.3. Trabajo y potencia del corazón. Aparato corazón-pulmón artificial | 222 |
| § 11.4. Bases físicas del método clínico de medición de la presión sanguínea | 223 |
| § 11.5. Determinación de la velocidad del flujo sanguíneo | 226 |

Apartado 3

TERMODINÁMICA DE EQUILIBRIO Y DE NO EQUILIBRIO. PROCESOS DE DIFUSIÓN EN MEMBRANAS BIOLÓGICAS

228

Capítulo doce

Termodinámica

229

- | | |
|--|-----|
| § 12.1. Conceptos principales de la termodinámica. Primer principio de la termodinámica | 229 |
| § 12.2. Segundo principio de la termodinámica. Entropía | 233 |
| § 12.3. Crítica de la teoría de la «muerte térmica» del Universo | 242 |
| § 12.4. Potenciales termodinámicos | 243 |
| § 12.5. Sistemas con el número variable de partículas. Potenciales químico y electroquímico | 245 |
| § 12.6. Estado estacionario. Principio del mínimo de producción de la entropía | 248 |
| § 12.7. Organismo en tanto sistema abierto | 250 |
| § 12.8. Termometría y calorimetría | 252 |
| § 12.9. Propiedades físicas de los medios calientes y fríos utilizados en el tratamiento médico. Aplicación en la medicina de temperaturas bajas | 257 |

Capítulo trece

Procesos físicos en membranas biológicas

	259
§ 13.1. Estructura y modelos de las membranas	259
§ 13.2. Algunas propiedades físicas y parámetros de las membranas	262
§ 13.3. Transporte de moléculas (átomos) a través de membranas	264
§ 13.4. Transporte de iones a través de membranas. Ecuación de Nernst — Planck	269
§ 13.5. Transporte activo	272
§ 13.6. Diversos tipos de transporte pasivo de moléculas y de iones a través de membranas biológicas	273
§ 13.7. Potencial de reposo	275
§ 13.8. Potencial de acción y su propagación	277

Apartado 4

ELECTRODINÁMICA

281

Capítulo catorce

Campo eléctrico

282

§ 14.1. Intensidad y potencial son características del campo eléctrico	282
§ 14.2. Dipolo eléctrico	287
§ 14.3. Concepto de multipolo	291
§ 14.4. Generador eléctrico dipolar (dipolo de corriente)	292
§ 14.5. Fundamentos físicos de electrocardiografía	294
§ 14.6. Dieléctricos en el campo eléctrico	297
§ 14.7. Efecto piezoeléctrico	302
§ 14.8. Energía del campo eléctrico	304

Capítulo quince

Corriente eléctrica

306

§ 15.1. Densidad e intensidad de la corriente	306
§ 15.2. Fuerza electromotriz de las fuentes de corriente	307
§ 15.3. Conductibilidad eléctrica de los electrolitos	308
§ 15.4. Conductibilidad eléctrica de tejidos y líquidos biológicos a corriente continua	310
§ 15.5. Descarga eléctrica en los gases. Aeroiones y su acción curativa y profiláctica	311
§ 15.6. Diferencia de potencial de contacto interna. Fuerza termoelectromotriz	313

Capítulo dieciséis

Campo magnético

316

§ 16.1. Inducción del campo magnético	316
§ 16.2. Ley de Ampère. Energía del conductor cerrado con corriente en el campo magnético	319
§ 16.3. Acción del campo magnético sobre la carga eléctrica en movimiento. Fuerza de Lorentz	321
§ 16.4. Determinación experimental de la carga específica de las partículas	324
§ 16.5. Intensidad del campo magnético. Ley de Biot—Savart—Laplace y sus aplicaciones	325
§ 16.6. Ley de la corriente total. Intensidad del campo magnético del solenoide	328

§ 16.7.	Propiedades magnéticas de la sustancia	330
§ 16.8.	Propiedades magnéticas de los tejidos del organismo. Fundamentos físicos de la magnetobiología	336

Capítulo diecisiete

Inducción electromagnética. Energía del campo magnético 338

§ 17.1.	Ley fundamental de la inducción electromagnética	338
§ 17.2.	Inducción mutua	341
§ 17.3.	Autoinducción	342
§ 17.4.	Corrientes en torbellino (corrientes de Foucault)	345
§ 17.5.	Energía del campo magnético	346

Capítulo dieciocho

Oscilaciones y ondas electromagnéticas 348

§ 18.1.	Oscilaciones electromagnéticas libres	348
§ 18.2.	Corriente alterna	351
§ 18.3.	Impedancia en el circuito de corriente alterna. Resonancia de tensión (en serie)	353
§ 18.4.	Impedancia de los tejidos de organismo. Bases físicas de la reografía	356
§ 18.5.	Impulso eléctrico y corriente de impulsión	358
§ 18.6.	Paso de impulsos rectangulares por un circuito lineal. Circuitos diferenciadores e integradores	359
§ 18.7.	Nociones sobre la teoría de Maxwell. Corriente de desplazamiento	362
§ 18.8.	Ondas electromagnéticas	364
§ 18.9.	Escala de radiaciones electromagnéticas. Clasificación de los intervalos de frecuencia admitida en medicina	367

Capítulo diecinueve

Procesos físicos en los tejidos durante la acción de la corriente y de dos campos electromagnéticos 370

§ 19.1.	Acción primaria de la corriente continua sobre los tejidos del organismo. Galvanización. Electroforesis de las sustancias medicinales	370
§ 19.2.	Acción con corrientes alternas (de impulsión)	372
§ 19.3.	Acción por medio del campo magnético alterno	377
§ 19.4.	Acción por medio del campo eléctrico alterno	378
§ 19.5.	Acción por medio de ondas electromagnéticas	381

Apartado 5

ELECTRÓNICA GENERAL Y MÉDICA 383

Capítulo veinte

Contenido de la electrónica general y médica 384

§ 20.1.	La electrónica y algunas tendencias de su desarrollo	384
§ 20.2.	Electrónica médica. Grupos principales de instrumentos y aparatos médicos electrónicos	387
§ 20.3.	Seguridad eléctrica de los aparatos médicos	388
§ 20.4.	Fiabilidad de los aparatos médicos	395

Capítulo veintiuno		
Sistema de obtención de información médico-biológica		399
§ 21.1.	Esquema estructural de extracción, transmisión y registro de la información médico-biológica	399
§ 21.2.	Electrodos para la extracción de la señal bioeléctrica	400
§ 21.3.	Transductores de información médico-biológica	402
§ 21.4.	Transmisión de la señal. Radiotelemedría	405
§ 21.5.	Dispositivos registradores analógicos	407
§ 21.6.	Principio de trabajo de los aparatos médicos que registran los biopotenciales	410
Capítulo veintidós		
Amplificadores		413
§ 22.1.	Ganancia de amplificador	413
§ 22.2.	Característica de amplitud del amplificador. Distorsiones no lineales	414
§ 22.3.	Característica de frecuencia del amplificador. Distorsiones lineales	416
§ 22.4.	Amplificador a base de transistores	417
§ 22.5.	Amplificación de las señales bioeléctricas	426
Capítulo veintitrés		
Generadores		436
§ 23.1.	Variedades de generadores de oscilaciones eléctricas	436
§ 23.2.	Generador de oscilaciones armónicas a base de transistor	437
§ 23.3.	Generadores de oscilaciones de impulsos (de relajación)	438
§ 23.4.	Oscilógrafo electrónico	440
§ 23.5.	Estimuladores electrónicos. Aparatos electrónicos fisioterapéuticos de baja frecuencia	443
§ 23.6.	Aparatos electrónicos fisioterapéuticos de alta frecuencia. Aparatos de electrocirugía	447
Apartado 6		
ÓPTICA		450
Capítulo veinticuatro		
Interferencia y difracción de la luz. Holografía		451
§ 24.1.	Fuentes de luz coherentes. Condiciones para el máximo reforzamiento y amortiguación de las ondas	451
§ 24.2.	Interferencia de la luz en láminas delgadas (películas). Tratamiento antirreflejo de la óptica	455
§ 24.3.	Interferómetros y su empleo. Noción sobre el microscopio interferencial	459
§ 24.4.	Principio de Huygens — Fresnel	460
§ 24.5.	Difracción de rayos paralelos en una rendija	461
§ 24.6.	Red de difracción. Espectro de difracción	463
§ 24.7.	Fundamentos del análisis por difracción de rayos X	470
§ 24.8.	Noción sobre la holografía y su posible aplicación en la medicina	473
Capítulo veinticinco		
Polarización de la luz		478
§ 25.1.	Luz natural y luz polarizada. Ley de Malus	478
§ 25.2.	Polarización de la luz durante la reflexión y la refracción en la superficie de separación de dos dieléctricos	480

§ 25.3.	Polarización de la luz durante la birrefringencia	481
§ 25.4.	Rotación del plano de polarización. Polarimetría	483
§ 25.5.	Investigación de los tejidos biológicos en la luz polarizada	486

Capítulo vientiséis

Óptica geométrica

488

§ 26.1.	Óptica geométrica en tanto caso límite de óptica ondulatoria	488
§ 26.2.	Aberración de las lentes	488
§ 26.3.	Noción sobre el sistema óptico centrado ideal	492
§ 26.4.	Sistema óptico del ojo y algunas de sus particularidades	495
§ 26.5.	Defectos del sistema óptico del ojo y su eliminación	500
§ 26.6.	Lupa	501
§ 26.7.	Sistema óptico y estructura del microscopio biológico	503
§ 26.8.	Poder de resolución y aumento útil del microscopio. Noción sobre la teoría de Abbe	507
§ 26.9.	Algunos procedimientos especiales de microscopía óptica	512
§ 26.10.	Óptica de fibras y su utilización en los aparatos médicos	515

Capítulo veintisiete

Radiación térmica de los cuerpos

518

§ 27.1.	Característica de la radiación térmica. Cuerpo negro	518
§ 27.2.	Ley de Kirchhoff	520
§ 27.3.	Leyes de radiación del cuerpo negro	521
§ 27.4.	Radiación de Sol. Fuentes de radiación térmica utilizadas con fines terapéuticos	523
§ 27.5.	Termotransferencia del organismo. Noción sobre la termografía	525
§ 27.6.	Radiación infrarroja y su aplicación en la medicina	528
§ 27.7.	Radiación ultravioleta y su aplicación en la medicina	529
§ 27.8.	Efecto fotoeléctrico y algunas aplicaciones de éste	530
§ 27.9.	Patrón de luz. Algunas magnitudes luminosas	534

Apartado 7

**FÍSICA DE ÁTOMOS Y MOLÉCULAS.
ELEMENTOS DE BIOFÍSICA CUÁNTICA**

537

Capítulo veintiocho

Propiedades ondulatorias de las partículas.

Elementos de mecánica cuántica

538

§ 28.1.	Hipótesis de de Broglie. Experimentos sobre la difracción de los electrones y de otras partículas	538
§ 28.2.	Microscopio electrónico. Noción sobre la óptica electrónica	541
§ 28.3.	Función de onda y su sentido físico	544
§ 28.4.	Relaciones de incertidumbre	545
§ 28.5.	Ecuación de Schrödinger. Electrón en el pozo de potencial	547
§ 28.6.	Aplicación de la ecuación de Schrödinger al átomo de hidrógeno. Números cuánticos	550
§ 28.7.	Noción sobre la teoría de Bohr	554
§ 28.8.	Envolturas electrónicas de los átomos complejos	555
§ 28.9.	Niveles de energía de las moléculas	557

Capítulo veintinueve	
Radiación y absorción de energía por los átomos y las moléculas	
	558
§ 29.1.	Particularidades de la radiación y absorción de energía por los átomos y las moléculas
	558
§ 29.2.	Absorción de la luz
	561
§ 29.3.	Dispersión de la luz
	563
§ 29.4.	Espectros atómicos ópticos
	565
§ 29.5.	Espectros moleculares
	568
§ 29.6.	Diferentes tipos de luminiscencia
	570
§ 29.7.	Fotoluminiscencia
	570
§ 29.8.	Quimioluminiscencia
	573
§ 29.9.	Procesos fotobiológicos
	574
§ 29.10.	Bases biofísicas de la recepción visual
	577

Capítulo treinta	
Láseres. Radioespectroscopia	
	581
§ 30.1.	Láseres (generadores ópticos cuánticos) y su aplicación en la medicina
	581
§ 30.2.	Desdoblamiento de los niveles de energía de los átomos en el campo magnético
	585
§ 30.3.	Resonancia paramagnética electrónica y sus aplicaciones médico-biológicas
	587
§ 30.4.	Resonancia magnética nuclear. Introspectiva de resonancia magnética nuclear
	592

Apartado 8	
RADIACIONES IONIZANTES.	
FUNDAMENTOS DE DOSIMETRÍA	
	596

Capítulo treinta y uno	
Radiación roentgen	
	597
§ 31.1.	Estructura de un tubo de rayos X. Radiación roentgen de frenado
	597
§ 31.2.	Radiación roentgen característica. Espectros atómicos de rayos X
	600
§ 31.3.	Interacción de la radiación roentgen con la sustancia
	602
§ 31.4.	Bases físicas de aplicación de la radiación roentgen en la medicina
	605

Capítulo treinta y dos	
Radiactividad. Interacción de la radiación ionizante con la sustancia	
	608
§ 32.1.	Radiactividad
	608
§ 32.2.	Ley fundamental de la desintegración radiactiva. Actividad
	610
§ 32.3.	Interacción de la radiación ionizante con la sustancia
	612
§ 32.4.	Fundamentos biofísicos de la acción de las radiaciones ionizantes sobre el organismo
	616
§ 32.5.	Detectores de radiaciones ionizantes
	617
§ 32.6.	Utilización de los radionucleidos y neutrones en la medicina
	622
§ 32.7.	Aceleradores de partículas cargadas y su utilización en la medicina
	625

Capítulo treinta y tres
Elementos de dosimetría. Rayos cósmicos.
Partículas elementales

		629
§ 33.1.	Dosis de radiación y dosis de exposición. Potencia de la dosis	629
§ 33.2.	Evaluación cuantitativa de la acción biológica de la radiación ionizante. Dosis equivalente	631
§ 33.3.	Instrumentos dosimétricos	632
§ 33.4.	Protección contra la radiación ionizante	634
§ 33.5.	Rayos cósmicos	635
§ 33.6.	Partículas elementales	637
Conclusión	644

Apéndice

Breves datos sobre la matemática

		646
§ 1.	Límites	646
§ 2.	Derivada de la función	649
§ 3.	Empleo de las derivadas para el análisis de las funciones y la construcción de las gráficas	654
§ 4.	Diferencial de una función	658
§ 5.	Empleo de la diferencial para cálculos aproximados y de evaluación de errores	661
§ 6.	Derivadas parciales. Diferencial total	662
§ 7.	Función primitiva. Integrales indefinidas	663
§ 8.	Integrales definidas	668
§ 9.	Concepto sobre las ecuaciones diferenciales	672
§ 10.	Concepto sobre los productos de vectores escalares y vectoriales	675
§ 11.	Gradiente de la función escalar	675
§ 12.	Breves conocimientos sobre la integral curvilínea	676
§ 13.	Coordenadas esféricas	677
§ 14.	Sistema binario de numeración	677

	Vocabulario breve de términos médicos y biológicos	679
--	---	-----

	Índice alfabético de materias	686
--	--------------------------------------	-----